

Laudatio  
Zur Verleihung der Carl-Friedrich-Gauß-  
Medaille an  
Professor Dr.-Ing. Wilfried B. Krätzig  
Ruhr-Universität Bochum

Duddeck, Heinz

Veröffentlicht in:  
Jahrbuch 1991 der Braunschweigischen  
Wissenschaftlichen Gesellschaft, S.215-221



Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

**Laudatio**  
**Zur Verleihung der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille an**  
**Professor Dr.-Ing. Wilfried B. Krätzig**  
**Ruhr-Universität Bochum**

Von **Heinz Duddeck**

Herr Präsident,  
sehr verehrte Damen und Herren,  
lieber Herr Krätzig,

einen Ingenieurwissenschaftler wollen wir heute ehren – Gauß gedenkend. Ein hanseatisches Nordlicht, nach Bochum verschlagen, das da dieser Neugründung – am grünen Wiesenhang gestrandeter Ozeanliner aus Beton – seit 21 Jahren als Lehrender und Forscher im Bauingenieurwesen Lichter aufgesetzt hat, Lichter der strengen Theorie und der Berechnungsverfahren komplizierter Tragwerke. Lichter aber auch, die aus der vortrefflichen Verbindung von Ingenieur und Wissenschaft ihre Leuchtkraft erhalten. Carl-Friedrich-Gauß hätte sicherlich seine helle Freude, säße er hier mit uns in dieser Dornse und könnte er mithören – 199 Jahre nach seiner Einschreibung als 15jähriger Student in das Collegium Carolinum zu Braunschweig – wie sehr schon seine Differentialgeometrie gekrümmter Flächen für das Bauen dünner Schalen gebraucht und eingesetzt wird, was mit dem bisherigen Lebenswerk von Wilfried Krätzig daraus gewachsen ist.

Doch gemacht, gemacht: nicht alles in zwei Sätzen! In Hamburg also, 1932, ist Wilfried Krätzig geboren und zur Schule gegangen. In Hannover studiert er Bauingenieurwesen. Mit 25 Jahren besteht er 1957 sein Examen so hervorragend, daß Professor Zerna, damals Ordinarius für Massivbau in Hannover, diesen begabten Ingenieur für sich gewinnen will. Assistent für Stahlbau bin ich zu dieser Zeit im Nachbarinstitut. Daher sehe ich noch heute die Diplomarbeit von Wilfried Krätzig vor mir, ausgestellt im Schaukasten, ein rechtes Übersoll-Muster an Leistungsfähigkeit, Fleiß, Detailgenauigkeit, „schlicht frustrierend“ fanden dies damals sicherlich mittelmäßige Studenten. Und noch heute bewundere ich seine Konferenznotizen: in schönster Schönschrift und weit besser geordnet als vom Referenten vorgetragen.

Drei Jahre lang ist er Entwurfsingenieur in der Brückenbauabteilung bei Züblin in der Bauindustrie, sechs Jahre lang bei Professor Zerna in Hannover: wissenschaftlicher Assistent, Obergeringieur, Dozent.

Mit den Kraftwerksbauten der Sechziger Jahre werden die größten und kühnsten Stahlbeton-Schalentragwerke, die Naturzug-Kühltürme, gebaut: von hyperbolischer Geometrie und von negativer Gauß-Krümmung, bis zu 170 m hoch, unten bis 130 m im Durchmesser und dabei – bis auf die Randbereiche – nur 20 cm dick. Dies ist im Ver-

hältnis Durchmesser zu Schalendicke weitaus dünner als ein Hühnerei. An Entwurf, Berechnung, Bemessung solcher außergewöhnlichen Schalenbauten mitarbeiten zu können, begeistert Wilfried Krätzig, zumal als Mitarbeiter von Wolfgang Zerna, der uns damals in Hannover mit Enthusiasmus und Temperament die tensioretelle Schalentheorie erschloß. Daß man da im Verbinden von Tensorkalkül mit Ingenieuransätzen – für zum Beispiel Wind- und Erdbebenlasten –, im Verbinden von mathematisch-mechanischer Theorie und baupraktischen Sicherheitskonzepten mit Entwurfsberechnungen versprechen kann, daß solche Schalen für 100 Jahre und mehr stand-sicher sind und daß die Praxis das akzeptiert, dies fasziniert den jungen Ingenieur.

1965 promoviert er mit einer Arbeit über die Berechnung von Kugelschalen unter Temperaturbeanspruchungen. 1968 habilitiert er sich mit einer Schrift über die Stabilitätstheorie elastischer Flächentragwerke. Darin klingt ein neues Thema an: Bauwerke verlieren ihre Tragfähigkeit prinzipiell auf zweierlei Weise: erstens durch Erschöpfen der Werkstofffestigkeit (ein Faden oder Seil reißt), zweitens aber auch – insbesondere bei dünnwandigen Konstruktionen – durch Verlust der tragenden Geometrie (ein verbogener Strohalm knickt örtlich ein mit Verlust des Kreisquerschnitts, eine gedrückte Blechdose zerknautscht). Festigkeitsversagen im ersten Fall kommt weitgehend mit der linearen Berechnungstheorie aus. Verlust der Form, Stabilitätsversagen also, kann dagegen nur komplex nichtlinear erfaßt werden. Die Berechnung muß die „zerknautschte“ dünne Schale mit ihrem Resttragvermögen einfangen. Diesem Thema der Instabilitätserscheinungen von Strukturen in all seinen Facetten bleibt Wilfried Krätzig in der weiteren wissenschaftlichen Entwicklung treu. Auch sein nachfolgender Festvortrag wird dies zeigen.

1969/70 geht er als Visiting Associate Professor nach Berkeley, dort wo Naghdi tensioretelle Schalentheorie und Popov nichtlineare Schalenprobleme lehren, wo aber auch die computergerechten numerischen Berechnungsverfahren, wie die Finite-Element-Methode von Clough, Wilson, Taylor und später Bathe entwickelt und in Programme umgesetzt werden. Verheiratet ist er inzwischen und die erste Tochter Dorte ist geboren.

Diese intensiven Jahre des Forschens und Lehrens in Berkeley, der persönlichen Eroberung all dessen, was da Kalifornien und die USA sind, hinterlassen tiefe Spuren. Die Arbeiten zur Schalentheorie wachsen vom konkreten Einzelfall ins übergreifende Allgemeine hinaus: „Grundgleichungen der Dynamik elastischer Schalentragwerke“, „Allgemeine Schalentheorie beliebiger Werkstoffe und Verformungen“, „Thermodynamik der Deformationen und der Schalentheorie“: so heißen die wissenschaftlichen Aufsätze dieser Jahre. Und daß da ein Kalifornien-Fan wieder nach Deutschland zurückkommt, dies kann man noch heute optisch sehen: bei seriösen Anlässen bindet sich das hanseatische Nordlicht die tiefblaue University-of-California-Berkeley-Krawatte um.

Wolfgang Zerna, einer der Gründungsprofessoren der Ruhr-Universität Bochum, zielt auf eine ganz spezielle Bauingenieur fakultät: Bochum soll in Forschung und Lehre die Spitze des Konstruktiven Ingenieurbaus in Deutschland werden, gewissermaßen das MIT des Ingenieurbaus in Deutschland, die „crème de la crème“ die theoretisch begabtesten Ingenieure sollen dort studieren, lehren und forschen. Da versteht es sich

fast von selbst, Wilfried Krätzig, 38-jährig, 1970 als Ordinarius für Baustatik nach Bochum zu berufen, zumal er inzwischen den so entscheidend wichtigen zweiten Dokortitel gewonnen hat, nämlich den: „i. A. g.“, „in Amerika gewesen“.

So, und dort in Bochum forscht und lehrt, wirkt und arbeitet er mit einem weitreichenden Netz internationaler Verbindungen noch heute. Eine zweite Tochter Maren wird 1972 geboren, ein Haus nach eigenem Entwurf und mit viel eigener Hände Arbeit wird gebaut. Die Bauingenieurausbildung ist inzwischen von den hohen Gipfeln des MIT-Vorbilds in die real beackbaren Täler der Tugenden eines ganz normalen Fächerkanons hinabgestiegen.

Was da an ingenieurwissenschaftlichen Leistungen von und mit Wilfried Krätzig in 21 Jahren hinzugekommen ist – ja das Eigentliche ausmacht –, ist so wesentlich und gut und viel: die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft will dies heute mit ihrer Gauß-Medaille anerkennen.

Ein wesentlicher Schwerpunkt bleibt die Berechnung von Schalen. Denn da ist zu den theoretischen Grundlagen etwas Wesentliches hinzugekommen: die Computer öffnen das Tor zur numerischen Berechnung bis hin zu Ergebnissen, die Ingenieure brauchen, um Sicherheitsaussagen zu machen. Selbst wenn die Mathematiker hier im Raum mir widersprechen mögen: auch mit den subtilsten Methoden der reinen Mathematik sind die hochgradig geometrisch und physikalisch nichtlinearen Grundgleichungen der Schalentheorie nicht zu lösen. Die Ingenieure mußten sich selbst helfen. Sie entwickelten – weitgehend selbstständig – numerische Verfahren wie die Finite-Element-Methode, die beliebige Strukturen durch Zerlegen in kleine Elemente erfassen kann. Sie entwickelten aus Energieprinzipien leistungsfähige Algorithmen, Iterationsverfahren, einen ganzen eigenen Zweig der Numerik, mit dem heute nicht nur Tragstrukturen, sondern – weit über die Ingenieurwissenschaften hinaus – zum Beispiel geologische Bewegungen der Erdkrusten – Plattentektonik, Meeresströmungen, meteorologische Luftbewegungen, in der Medizin: Herzklappenfunktionen und Prothesen berechnet werden können.

An diesem Entwicklungsstrom speziell auf dem Gebiet der Schalenkonstruktion hat Bochum und damit Wilfried Krätzig und seine Mitarbeiter Basar, Meskouris, Wittek – um einige zu nennen – einen wesentlichen Anteil. Schalentragwerke stellen an Theorie, Berechnung und die Sicherheitsnachweise die höchsten Ansprüche an den entwerfenden Ingenieur. Denn ihr Tragverhalten wird entscheidend bestimmt: von der Geometrie, von der Stabilität der Form, von den mehraxialen Beanspruchungen aus inneren Kräften und Biegemomenten. Herr Ramm hätte daher heute am Vormittag seinen Vortrag gerne mit „Die Schale, die Primadonna der Tragwerke“ angekündigt. Die Natur fand in ihrer Evolutionsgeschichte schnell heraus, daß eine Schale die optimale Trag- und Schutzform ist: das Ei, die Nuß, die Schildkröte, der Bambus, das aufrechte Tulpenblatt, der menschliche Schädel, unsere Skelett-Röhrenknochen. Ingenieure und Gebrauchsartikel-Designer wissen dies auch. Denn Weltraumstationen, Rumpfe und Flügel von Flugzeugen, Autokarosserien, Schiffskörper, Silos und Behälter, Fernsehtürme und Kühltürme sind Schalen, wie eben auch Küchenbehälter, Dosen, Gläser. Wer Serienfertigungen an Prototypen erproben kann, hat es freilich leichter als der

Bauingenieur. Dessen Schalendach über der Berliner Kongreßhalle oder über den Olympiabauten in München muß schon vor dem Bauen allein mit Berechnungsmodellen und – nur gelegentlich auch zusätzlich in Experimentiermodellen – so entworfen werden, daß es später alle Stürme übersteht.

Die Arbeiten hierzu in Bochum zielen neben konkreten Einzelproblemen wesentlich auch auf das Allgemeine, Grundsätzliche:

- „Stabilitätsgleichungen elastischer Flächentragwerke bei Energieerhaltung“,
- „konsistente nichtlineare Schalentheorie“,
- „Imperfektionsempfindlichkeit allgemeiner Schalen“ sind Titel der Veröffentlichungsliste.

1984 erscheint im Braunschweiger Vieweg-Verlag in der Reihe „Grundlagen der Ingenieurwissenschaften“, die Wilfried Krätzig mit Theodor Lehmann und Oskar Mahrenholtz herausgibt, – mit Yavus Başar als Koautor – die anspruchsvolle Monographie „Mechanik der Flächentragwerke“. Hierin wird – weitgehend in tensioreller Darstellung für allgemeine Schalenformen – auf über 600 Seiten die Ernte der Forschungs- und Vorlesungsarbeiten eingebracht. Wie es sich für wissenschaftliche Hauptwerke gehört, zieren Klassiker-Zitate die Kapitel. Da heißt es mit Goethes Torquato Tasso:

„Der Wille lockt die Taten nicht herbei;

Der Mut stellt sich die Wege kürzer vor.“

Wohl als Kommentar dazu, worauf die Autoren sich da so umfassend eingelassen haben. Bei den allgemeinen Grundgleichungen der Schalentheorie wird Rechtfertigung bei Lichtenberg eingeholt.

„Man muß Hypothesen und Theorien haben, um seine Erkenntnisse zu organisieren, sonst bleibt alles bloßer Schutt...“

Bei den Berechnungswegen für konkrete Schalentheorien wird Felix Candela zitiert, der spanisch-mexikanische Ingenieur-Architekt oder Architekt-Ingenieur, der intuitiv genial auch das baute, was man noch nicht berechnen konnte.

„Zur Belohnung für die Erfindung der Statik sind wir jetzt gezwungen zu berechnen, was wir bauen“.

Dringt man in die Fülle und Dichte dieser Monographie ein, dann ist hier sehr wohl erfüllt, was sich Gauß als Wahlspruch in sein Wappen setzte:

„Pauca sed matura“. (Wenig aber Reifes).

Ein zweiter Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeiten von Wilfried Krätzig liegt in der Erforschung des dynamischen Verhalten von Bauwerken. Ingenieure müssen beim Entwurf ganzheitlich denken. Also müssen sie auch das, was mit dem Bauwerk in seiner Lebenszeit geschieht: Lasten, Wind, Erdbeben, Bergsenkungen, so in Einwirkungsannahmen einfangen, daß die Berechnung sowohl realitätsnah als auch überhaupt möglich ist. Mit konkreten Problemen beginnt es wieder:

„Wie der Wind am Bauwerk zehrt“

„Der Wind heizt dem Kühlturm ein“

heißen kleinere Aufsätze, die Forschungsthemen dazu:

„Erdbebenberechnung von Naturzugkühltürmen“,

„Resonanzfaktoren... von Naturzugkühltürmen unter dynamischer Windbelastung“.

Auch dies wächst mit den Jahren ins Allgemeine hinaus:

„Dynamic Stability of Inelastic Structures“,

„Nonlinear Dynamic Stability Analysis of Arbitrary Shell Structures“,

„Einheitliche statische und dynamische Stabilitätstheorie“.

Wilfried Krätzig ist Sprecher des DFG Sonderforschungsbereichs an der Ruhr-Universität Bochum: „Tragverhalten und Tragfähigkeit von Baukonstruktionen unter dynamischen Einwirkungen“. Intensive Arbeiten über die Sicherheitsproblematik kommen hinzu, über die Kriterien, nach denen Ingenieure entscheiden können, ob und wie sicher ihre Konstruktion ist, und über sich entwickelnde Materialschädigungen aus dynamischen Einflüssen. Beim Second World Congress on Computational Mechanics 1990 spricht er über: „Nonlinear Dynamic Instabilities of Shell Structures – from Variety to Chaotic Responses“.

Die Themen und die internationalen Vorträge, Kongresse und Tagungen haben Triebe und Ableger noch und noch.

Ein dritter Schwerpunkt – in Zusammenarbeit vor allem mit Burkhard Weber – liegt in dem, was in Aufsätzen wie „Expertensysteme in der Baustatik“ und „Integrierte Softwaresysteme auf Mikrocomputern für den Entwurf von Ingenieurtragwerken“ dargelegt wird. Von Berkeley übernommen, in Bochum weiterentwickelt, kennen Insider das problemorientierte Modularprogramm unter dem Namen MISS. Darin steht M–I–S–S für: Matrizen-Interpretations-System der Strukturmechanik. Darin sollen abgeschlossene Teilprogramme von Berechnungsschritten einer Struktur so in modifizierbare Einzelmodule zerlegt werden, daß der Ingenieur daraus das Gesamtprogramm für seine jeweilig individuelle Aufgabe zusammensetzen kann. Der Enthusiasmus in Bochum war groß. Sie, lieber Herr Krätzig, waren sicherlich enttäuscht, wie störrisch trotz aller so klar geschriebenen Aufsätze die Outsider-Kollegen auf dies Angebot reagierten.

Die beiden 1990 erschienenen Lehrbücher zur Statik der Stabtragwerke dürfen hier nicht fehlen. Beim ersten Band der statisch bestimmten Tragwerke ist Udo Wittek Koautor. Der zweite Band, von Wilfried Krätzig allein, behandelt die statisch unbestimmten Tragwerke. In diesen Lehrbüchern ist sehr gut die Symbiose gelungen, anschauliches Verstehen mit computerorientierten Berechnungsverfahren zu vereinen.

So, dies mag genug sein, die wesentlichen Teile der wissenschaftlichen Leistungen von Wilfried Krätzig zu skizzieren. Doch die Summe der Teile ist noch nicht das Ganze. Und was ist das Ganze?

Da ist der erste Pflänzling, der in der Beschreibung einer Schalenstruktur Wurzeln bis zu Gauß ausstreckt, (die Berechnung der Spannungs-Verformungszustände einer speziellen Schale), hinausgewachsen in das umfassendere Allgemeine: die statisch-dynamische Analyse beliebiger Strukturen mit nichtlinearem Verhalten in Form und Stoff. Da ist aber dieser Baum des Gesamtwerks aber auch in die Breite gewachsen. Er hat kräftige Äste ausgestreckt, um das einzufangen, was zur Gesamtberechnung eines Bauwerkes unverzichtbar dazugehört. Auf der einen Seite zu den Lasten, Einwirkun-

gen, dynamischen Einflüssen, z.B. aus Wind und Erdbeben. Auf der anderen Seite zu dem, was auf die Spannungs-Verformungs-Analyse folgt, nämlich die Konzepte, mit denen Ingenieure Sicherheit von Bauten beurteilen. Und dieser ganze, voll ausgewachsene Baum zeigt – so meine ich – exemplarisch sehr schön, was Ingenieurwissenschaft zu leisten im Stande ist, aber auch, was Ingenieurwissenschaft da eigentlich ist.

Doch da muß immer noch Aufklärungsarbeit geleistet werden, selbst wenn es wie eine Verteidigungsrede klingt. Der Ingenieur fertigt doch nur die „Gestelle“ dieser Welt, sagt Heidegger, fertigt doch nur die Werkzeuge unserer Zeit, sagt Habermas. Was ist da an seinem Tun Wissenschaft?

Wenn ich grobgeschnittene Definitionen wagen darf: Die Geisteswissenschaften fragen, was der Mensch in dieser Welt ist, was er tut und was er tat, gelegentlich auch, was er sein sollte, was er sein könnte. Die Naturwissenschaften suchen die Gesetzmäßigkeiten, die „die Welt im Inneren“ zusammenhalten. Die Ingenieure sind mit ihrer Wissenschaft auf Veränderung der Welt aus. Sie setzen Dingliches in die Welt, das so noch nicht existierte. Dennoch sagen uns andere, dies sei nur Angewandte Wissenschaft, was nicht weit weg ist von: Anwendung von Wissenschaft, also keine eigene Wissenschaft.

Doch wir Ingenieure meinen: Die Ingenieurwissenschaften sind eine Wissenschaft *sui generis*. Der Kern der Ingenieur-Aufgaben besteht durchaus nicht darin, naturwissenschaftliche Gesetze in Maschinen und Bauten umzusetzen (obwohl wir dies auch tun). Nein, wesentlicher ist die Aufgabe, die gesamte Realität, das gesamte Umfeld, dem ein geplantes technisches Werk ausgesetzt ist, in Ideen- und Berechnungsmodellen abzubilden, in Modellen, mit denen Ingenieure Prognosen wagen, daß z.B. eine Kühlturmschale oder eine Brücke Sturm und Erdbeben, Schwingungen und Korrosion der 100 Jahre Lebenszeit überstehen. Wir brauchen dazu Theorien von der Wirklichkeit in ihrer ganzen natürlich vorhandenen Komplexität. Und wir brauchen methodische Instrumentarien, mit denen wir schon in der Planung das Ineinandergreifen sehr vieler Teilaspekte bis zu ökologischen Umweltproblemen und Folgeabschätzungen des Werkes erfassen, mit denen wir Wichtiges von Unwesentlichem scheiden und Kriterien für Sicherheitskonzepte ableiten. Und da fühlen wir uns Leonardo da Vinci verwandt, wie er etwa das Reiterstandbild des Lodovici Sforza plant und entwickelt und vorrausberechnet.

Um dies alles, was zu einem Ingenieurprojekt gehört, in die Realität umzusetzen, dazu brauchen wir eine eigene Wissenschaft der Ingenieurfächer. Darum auch hat die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft eine eigene Klasse der Ingenieurwissenschaften. – Dies mag genug sein an Aufklärungsarbeit.

Wir wägen wohl das wissenschaftliche Werk von Wilfried Krätzig, zählen und werten die 140 Schriften, die Bücher, die wissenschaftlichen Aktivitäten in Bochum, im Sonderforschungsbereich, die Initiativen zu Kongressen und Tagungen. Aber ist dies denn schon der ganze Wilfried Krätzig? Der skeptische Vorbehalt: „Ein Ingenieur ist ein Ingenieur, ist ein Ingenieur“, dies trifft auf Sie, lieber Kollege Krätzig, ganz und gar nicht zu.

Da ist Ihr vortreffliches Engagement in der Lehre. Selbst der Westdeutsche Rundfunk ist beim Belastungstest der studentischen Papierbrücken dabei. Da ist Ihre lang-

jährige entscheidende Mitarbeit im Vorstand des Fakultätentages. Da haben Sie sich tapfer in die Arena eines Bundestagsausschusses gewagt, um die Interessen der Ingenieure zu vertreten. Da gibt es auch den mutigen Brief an Ihren Minister mit dem Austritt aus der Nordrhein-Westfälischen Studienreformkommission und das Streitgespräch im vergangenen Jahr in Frankfurt über die Studienzeiten. Da sind die vielen internationalen Bindungen, die Sie pflegen, die Reisen. Und nicht zu vergessen, die jährlichen Hochsgebirgstouren mit Ihrer lieben Frau und den Töchtern, selbst dann noch, als die dreijährige Maren nur erst im Rucksack mitfahren konnte. Fast alle Berggipfel in Tirol kennen Sie. Und Sie genießen das unbegrenzte Vertrauen Ihrer Kollegen; das ist doch viel und gar nicht so selbstverständlich.

Dies alles, Ihre Leistungen, Ihre Person, ihre Art mit Menschen umzugehen, all dies addiert sich so auf, daß wir meinen, wir können Sie Carl Friedrich Gauß – säße er hier in der ersten Reihe – als würdigen Träger seiner Medaille vorstellen. Und ich bin gewiß, er nickte und fände es gut so.

Herzlichen Dank für's Zuhören.